



# Поиск событий конверсионных распадов

$\omega$ - и  $\rho$ -мезонов в  $\eta e^+ e^-$  на детекторе КМД-3

**В. Казанин**

**от имени коллаборации КМД-3**

ИЯФ СО РАН, Новосибирск

19 февраля 2025 г.

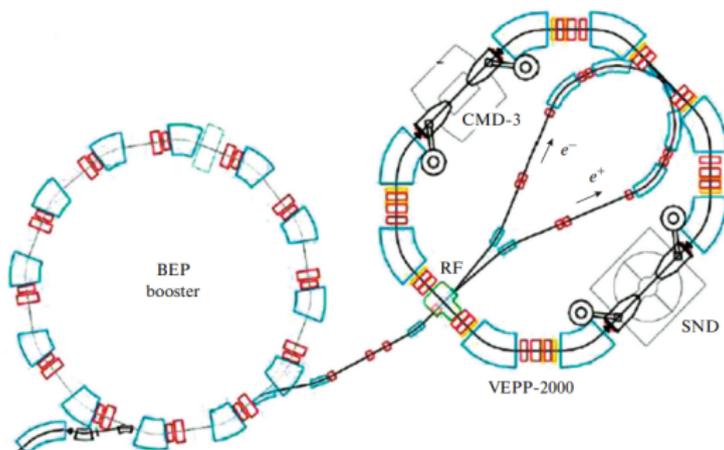
# План доклада

- Мотивация к изучению;
- Эксперимент: коллайдер и детектор;
- Предварительный отбор событий и идентификация треков;
- Слепой анализ;
- Подавление фона;
- Результаты;
- Заключение

# Мотивация к изучению распадов

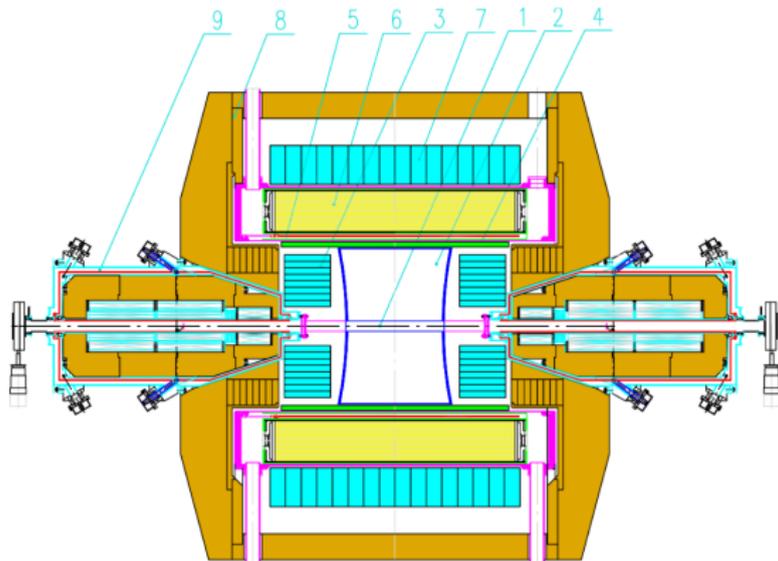
- Знание относительных вероятностей конверсионных распадов необходимо для изучения процессов в КГП;
- Проверка условий применимости модели векторной доминантности (МВД) при описании относительных вероятностей распада;
- Открытие новых, ранее не наблюдавшихся распадов.

# ВЭПП-2000



- Длина орбиты 24,388 м;
- Энергия пучков в С.Ц.М. 320 – 2007 МэВ;
- Концепция круглых пучков;
- Светимость @ 2 ГэВ:  $9 \cdot 10^{31} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$

## Детектор КМД-3



1 — место встречи; 2 — дрейфовая камера; 3 — торцевой калориметр;  
 4 — Z-камера; 5 — сверхпроводящий магнит; 6 — LXe калориметр;  
 7 — CsI калориметр; 8 — железное ярмо; 9 — фокусирующие  
 соленоиды

## Поиск распада $\eta e^+ e^-$

- Теоретические предсказания  $Br(\omega \rightarrow \eta e^+ e^-) = (2 - 5) \cdot 10^{-6}$  разнятся для различных моделей (МВД, ЛФКМ), поздние оценки  $(3 - 3, 5) \cdot 10^{-6}$ ;
- Распад не подавлен у  $\rho$ -мезона относительно  $\omega$ , ожидаемый  $Br(\rho \rightarrow \eta e^+ e^-) \sim 2 \cdot 10^{-6}$ ;
- Распад ранее изучался только на КМД-2 (верхний предел);
- На КМД-3 набрана большая статистика в области  $\rho$  и  $\omega$  мезонов  $\sim 33$  1/пб (660 – 840) МэВ;
- Анализ ведётся в канале распада  $\eta \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ ;
- В конечном состоянии 4 трека ( $2\pi$ ,  $2e$ ) и 2 фотона;
- Основной фон от событий распада в канале  $\omega \rightarrow 3\pi$ ,  $\pi^0 \rightarrow \gamma e^+ e^-$  + фоновый фотон;
- Используем методику слепого анализа, скрываем область, в которой ожидаются сигнальные события

# Анализ событий $\eta e^+ e^-$

## Предварительный отбор событий

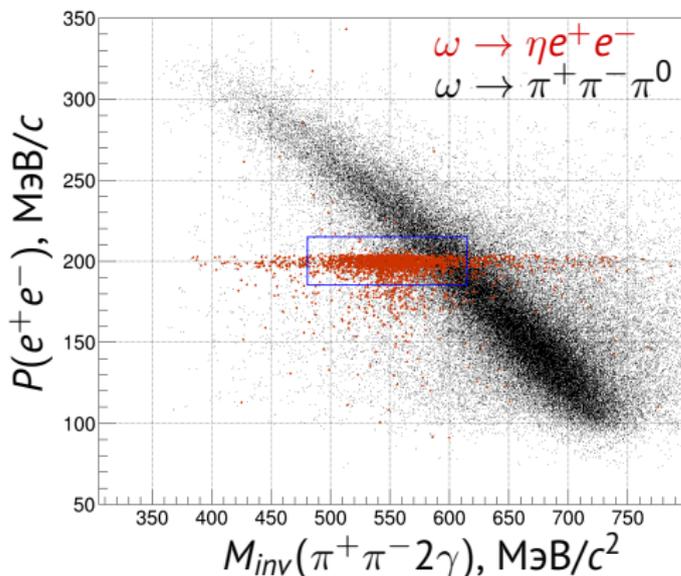
- 4 трека, удовлетворяющих условиям: 10+ хитов; полярные углы треков  $0,9 < \theta_{tr} < \pi - 0,9$ ; поперечный импульс  $P_{\perp} > 40$  МэВ/с;  $\rho < 1$  см;  $P < 470$  МэВ/с;  $\Sigma q_i = 0$
- 2+ фотонов, удовлетворяющих условиям:  $0,5 < \theta_{\gamma} < \pi - 0,5$ ;  $E_{\gamma} > 30$  МэВ.

## Идентификация треков

- Для треков с  $p < 100$  МэВ/с  $e/\pi$ -разделение основано на ионизационных потерях треков в ДК;
- Лептонной парой считается пара треков с  $\Sigma q = 0$  и минимальным пространственным углом

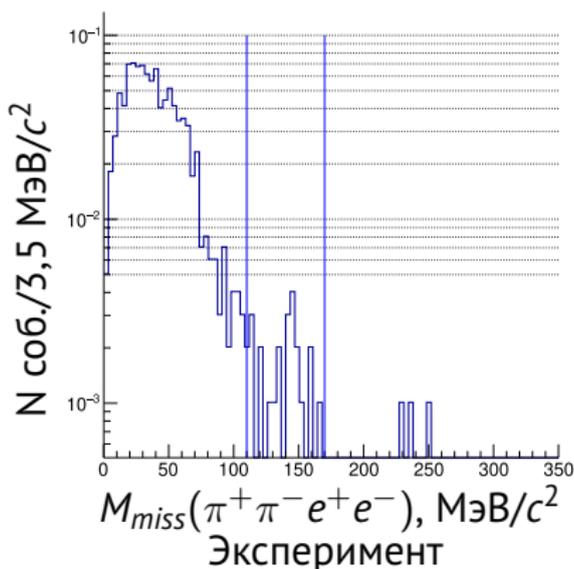
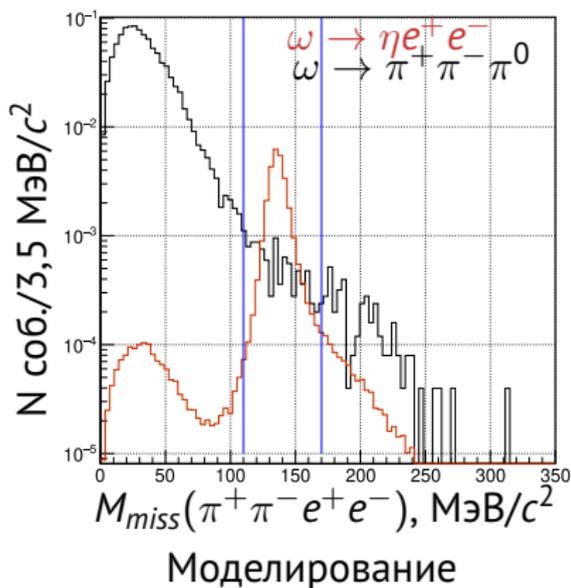
## Слепой анализ

- Выбраны переменные: суммарный импульс лептонных треков и  $M_{inv}(\pi^+ \pi^- 2\gamma)$ ;
- Размер скрываемой области определён по ширине таких же распределений в более вероятных процессах в эксперименте.



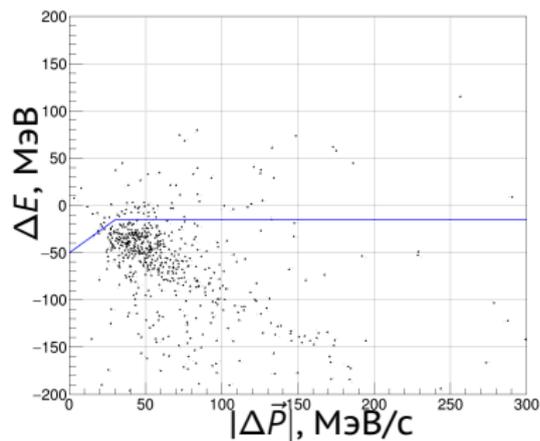
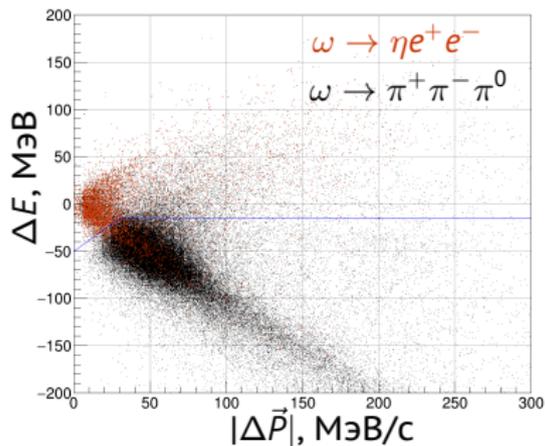
# Подавление фона 1

- Масса отдачи  $\pi^+ \pi^- e^+ e^-$  треков:  
 $110 < M_{miss}(\pi^+ \pi^- e^+ e^-) < 170 \text{ МэВ}/c^2$ ;



## Подавление фона 2

- Дисбаланс энергии  $\Delta E = 2E_{beam} - E_{\pi^+} - E_{\pi^-} - E_{e^+} - E_{e^-} - E_{2\gamma}$  и импульса  $|\Delta\vec{P}| = |\vec{p}_{\pi^+} + \vec{p}_{\pi^-} + \vec{p}_{e^+} + \vec{p}_{e^-} + \vec{p}_{2\gamma}|$  в событии;

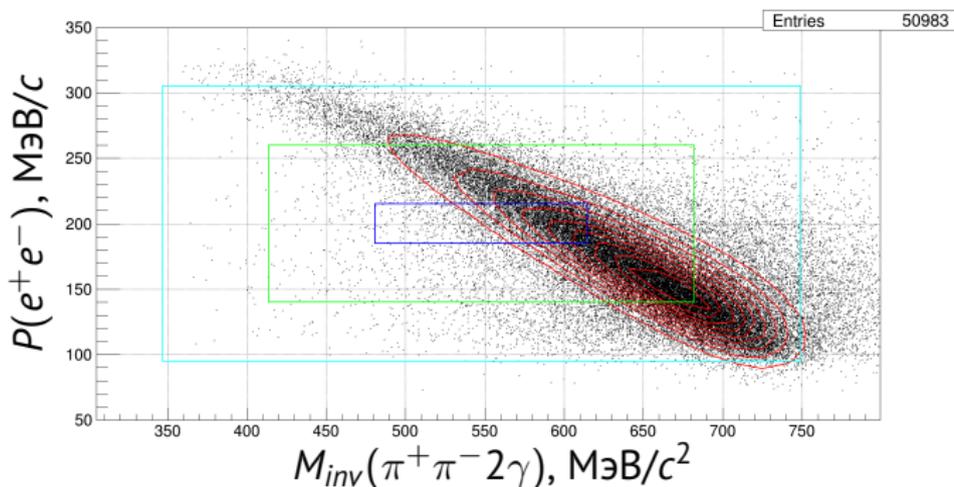


Моделирование

Эксперимент

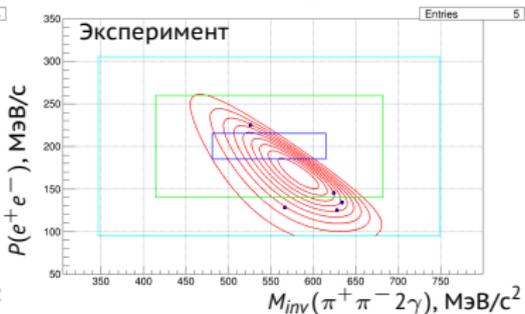
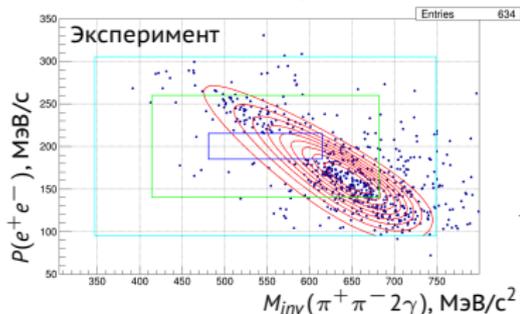
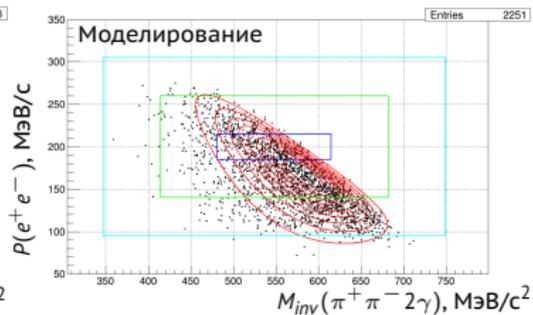
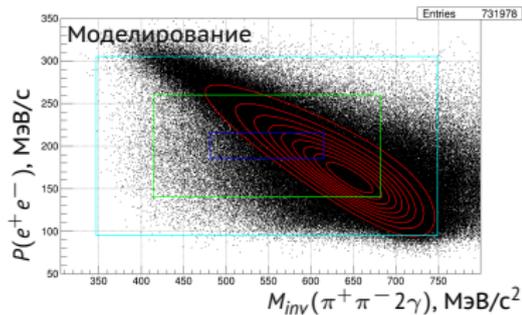
# Аппроксимация

- Использовали двумерную функцию, которая **факторизуется при повороте СК**;
- **1D** функции: функция лог. Гаусса и распределение Фойгта;
- Форма функции определялась из МС и фиксировалась для экспериментальных распределений;
- Два типа функций и аппроксимация по двум областям



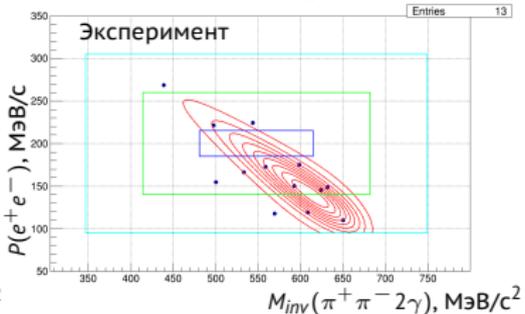
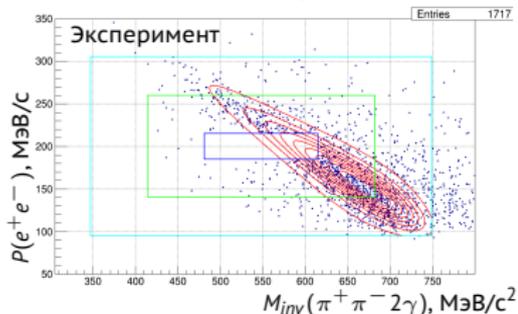
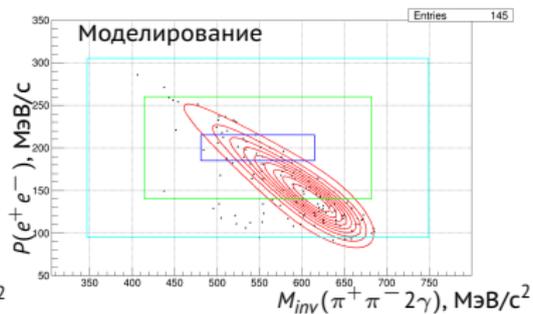
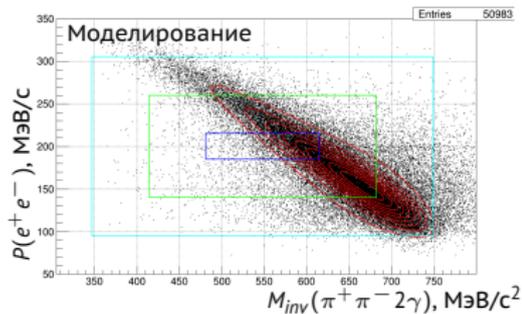
# Статистика 2013 года

Оценка фона в закрытой области  $N_{bg} = 0,6 \pm 0,4$ , теор. оценка сигнала: около 1 события



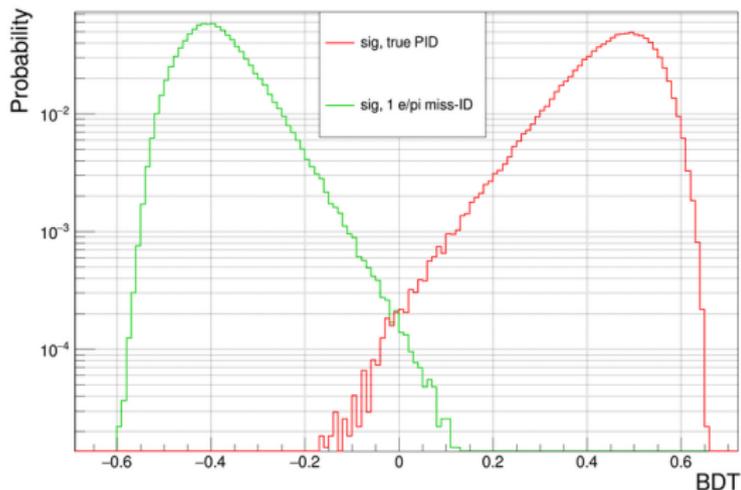
# Статистика 2018 года

Оценка фона в закрытой области  $N_{bg} = 1,8 \pm 0,6$ , теор. оценка сигнала – 2-3 события



## Дополнительное подавление фона

- Использовалась информация о событии ( $p$ ,  $dE/dx$ ,  $E_{cal}$ ,  $\Delta\psi_{ee}$ ,  $P_{ee}$ ,  $m_{rec,ee}^2$ ,  $m_{rec,\pi\pi}^2$ ,  $m_{rec,\pi\pi}^2$ ,  $m_{rec,ee\pi\pi}^2$ ,  $m_{\gamma\gamma}$ ,  $E_{\gamma 0,1}$ );
- Разделялись события сигнальные от фоновых и сигнальных с правильными и перепутанными треками.



- Степень подавления фона при 95% сигнала  $\sim 1,4 \cdot 10^{-4}$ ;
- Сейчас пробуем применить это доп. подавление

Разделение sig/bg с правильными треками

## Заклучение

- Применить кинематическую реконструкцию для лучшего подавления фона и уменьшения скрытой области;
- Применить дополнительное подавление;
- После открытия области - разделение событий конверсий радиационного распада на веществе перед детектором: используем отработанную и проверенную на  $\pi^0 e^+ e^-$  методику **J.Phys.Conf.Ser. 2438 (2023) 1, 012070**

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда  
(проект № 23-42-10025)*

**Спасибо за внимание!**

# Распределение событий

- Размер скрываемой области определён по ширине таких же распределений в более вероятных процессах в эксперименте

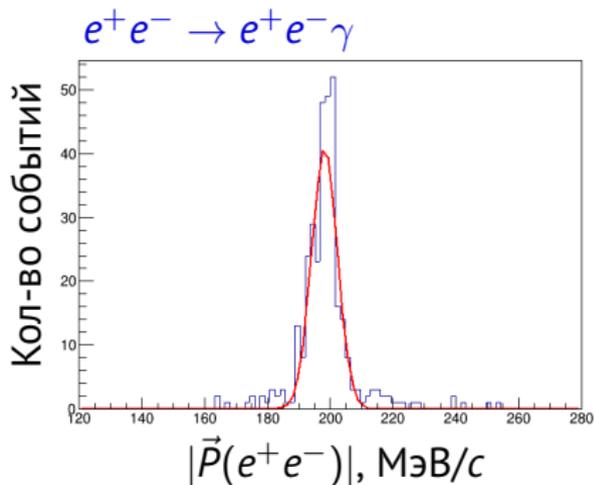
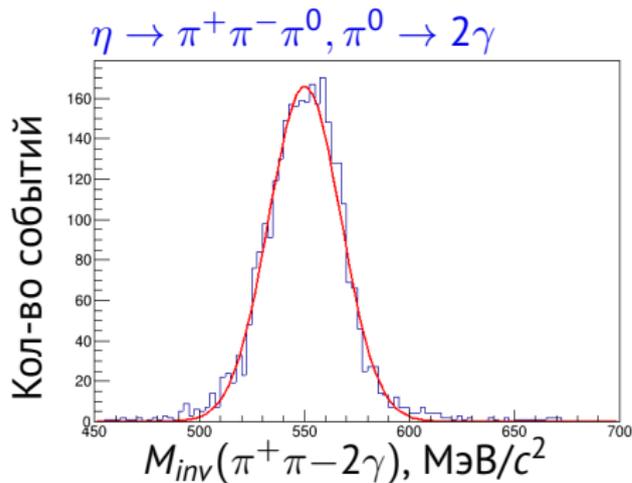


Рис.: Инвариантная масса  $M(2\pi 2\gamma)$

Рис.: Импульс  $e^+ e^-$ -пары

# Моделирование

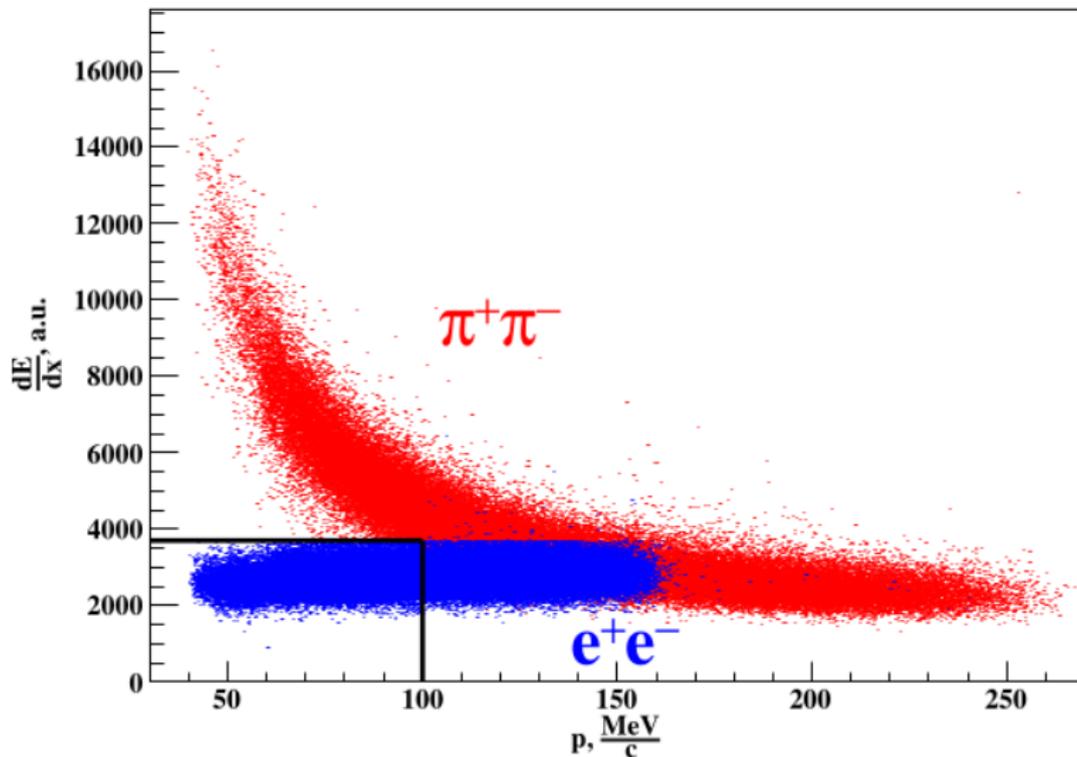
- Моделирование реализовано в ПО **Geant4**;
- Используется генератор конверсионных распадов  $V \rightarrow Pl^+l^-$ ;
- Излучение радиационных фотонов с начальных фермионных линий;
- Применение актуальных калибровочных данных для описания шумов электроники для большинства детектирующих систем;
- Фоновые срабатывания в калориметре по экспериментальным событиям случайного триггера

# Фон в закрытой области

Таблица: table

|          | 2013 год      |               | 2018 год      |               |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|          | Обл. 1        | Обл. 2        | Обл. 1        | Обл. 2        |
| ЛГ+Фойгт | $0,5 \pm 0,3$ | $0,9 \pm 0,4$ | $1,7 \pm 0,5$ | $1,9 \pm 0,6$ |
| 2ЛГ      | $0,4 \pm 0,3$ | $0,7 \pm 0,3$ | $1,7 \pm 0,5$ | $1,9 \pm 0,6$ |
| Среднее  | $0,6 \pm 0,4$ |               | $1,8 \pm 0,6$ |               |

# Ионизационные потери треков



Разделение треков по  $dE/dx$